

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УТВЕРЖДАЮ

Директор ИЯТН

О.Ю. Долматов

« 01 » 09 2020г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
ПРИЕМ 2020 г.
ФОРМА ОБУЧЕНИЯ очная

Газофазные методы разделения изотопов			
Направление подготовки/специальность	14.04.02 Ядерные физика и технологии		
Образовательная программа (направленность (профиль))	Изотопные технологии и материалы		
Специализация	Изотопные технологии и материалы		
Уровень образования	высшее образование - магистратура		
Курс	2	семестр	3
Трудоемкость в кредитах (зачетных единицах)	6		
Виды учебной деятельности	Временной ресурс		
Контактная (аудиторная) работа, ч	Лекции		16
	Практические занятия		16
	Лабораторные занятия		32
	ВСЕГО		64
Самостоятельная работа, ч			152
в т.ч. отдельные виды самостоятельной работы с выделенной промежуточной аттестацией (курсовой проект, курсовая работа)			курсовая работа
ИТОГО, ч			216

Вид промежуточной аттестации	Экзамен, диф. зачет	Обеспечивающее подразделение	ОЯТЦ
Заведующий кафедрой - руководитель отделения на правах кафедры		А.Г. Горюнов	
Руководитель ООП		Л.И. Дорофеева	
Преподаватель		А.А. Орлов	

2020 г.

1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины является формирование у обучающихся определенного ООП (п. 5 Общей характеристики ООП) состава компетенций для подготовки к профессиональной деятельности.

Код компетенции	Наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенций		Составляющие результатов освоения (дескрипторы компетенции)	
		Код индикатора	Наименование индикатора достижения	Код	Наименование
ПК(У)-1	Способен использовать фундаментальные законы в объеме достаточном для самостоятельного комбинирования и синтеза новых идей, творческого самовыражения	И.ПК(У)-1.1	Демонстрирует способность использовать фундаментальные законы в области физики разделения изотопных и молекулярных смесей для самостоятельного комбинирования и синтеза новых идей, творческого самовыражения	ПК(У)- 1.1.B1	Владеет опытом использования фундаментальных законов в области физики разделения изотопных и молекулярных смесей для самостоятельного комбинирования и синтеза новых идей, творческого самовыражения
				ПК(У)- 1.1.Y1	Умеет анализировать новые теоретические подходы и принципы дизайна материалов с заданными свойствами, использовать высокоэффективные технологии получения современных изотопных материалов
				ПК(У)- 1.1.31	Знает основные термины и определения разделительных процессов
ПК(У)-2	Способен создавать новые методы расчета современных физических установок и устройств, разрабатывать методы и перспективные технологии	И.ПК(У)-2.3	Демонстрирует способность к разработке технологий получения материалов с заданным изотопным составом	ПК(У)- 2.3.B3	Владеет методами исследования и анализа каскадов заданного профиля
				ПК(У)- 2.3.Y3	Умеет применять численные методы решения системы уравнений переноса в каскадах заданного профиля
				ПК(У)- 2.3.33	Знает теорию разделительных каскадов, ее основные понятия, структуру и виды разделительных

Код компетенции	Наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенций		Составляющие результатов освоения (дескрипторы компетенции)	
		Код индикатора	Наименование индикатора достижения	Код	Наименование
					каскадов, способы их оптимизации
ПК(У)-3	Способен создавать математические и физические модели, описывающие процессы и явления в разделительных каскадах, установках разделения и тонкой очистки веществ, переработки и обезвреживания промышленных отходов	И.ПК(У)-3.2	Демонстрирует способность к созданию теоретических моделей в области физики селективных, неравновесных молекулярных процессов, физики изотопно-модифицированных материалов	ПК(У)- 3.2.В1	Владеет опытом выявлять последовательность, физико-химические характеристики превращения материалов, сущность технологических процессов и операций при исследовании экспериментальных образцов изотопномодифицированной продукции
				ПК(У)- 3.2.У2	Умеет создавать математические модели, описывающие процессы в физических системах, приборах и установках
				ПК(У)- 3.2.31	Знает теоретические основы методов разделения изотопов, тонкой очистки и переработки веществ
ПК(У)-4	Способен оценить перспективы развития ядерной отрасли, использовать её современные достижения и передовые технологии в научно-исследовательских работах	И.ПК(У) -4.1	Демонстрирует способность к применению современных достижений в области разделительных, лазерных, плазменных, установок в решении технологических задач ЯТЦ	ПК(У)- 4.1.В1	Владеет опытом расчета и оптимизации современных физических установок для разделения, анализа и переработки веществ в научных, экологических и промышленных целях с применением пакетов прикладных программ
				ПК(У)- 4.1.У1	Умеет проводить исследования в области разделения жидких и газовых смесей, получения высокочистых веществ, изотопно-

Код компетенции	Наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенций		Составляющие результатов освоения (дескрипторы компетенции)	
		Код индикатора	Наименование индикатора достижения	Код	Наименование
					модифицированных материалов
				ПК(У)- 4.1.31	Знает способы применения разделительных, лазерных, плазменных установок в решении технологических задач ЯТЦ

2. Место дисциплины (модуля) в структуре ООП

Дисциплина относится к вариативной части Блока 1 учебного плана образовательной программы (элективная дисциплина).

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

После успешного освоения дисциплины будут сформированы результаты обучения:

Планируемые результаты обучения по дисциплине		Индикатор достижения компетенции
Код	Наименование	
РД 1	Знать, на чем основаны молекулярно-кинетические, физико-химические методы разделения изотопов, электромагнитный, плазменный и оптические методы разделения изотопов в газовой фазе, их основные характеристики, особенности, достоинства и недостатки, компоновку разделительного оборудования, применимость методов для разделения изотопов различных химических элементов.	И.ПК(У)-1.1
РД 2	Уметь выбрать подходящее рабочее вещество для разделения изотопов, провести технико-экономическое сравнение различных методов разделения и на основе него выбрать наиболее подходящий для разделения изотопов конкретного элемента.	И.ПК(У)-2.3
РД 3	Знать теорию разделительных каскадов, ее основные понятия, структуру и виды разделительных каскадов, способы их оптимизации	И.ПК(У)-3.2
РД 4	Владеть навыками расчета и оптимизации параметров разделительных каскадов.	И.ПК(У)-3.2
РД 5	принципиальную схему процесса разделения изотопов в колоннах и способы ее оптимизации, методику расчета каскадов, состоящих из элементов третьего типа и времени достижения стационарного состояния в каскаде, уравнения формальной кинетики и массопереноса в противоточных колоннах.	И.ПК(У)-1.1 И.ПК(У)-3.2
РД 6	Владеть навыками расчета и оптимизации параметров разделительных каскадов, состоящих из противоточных колонн.	И.ПК(У) -4.1

Оценочные мероприятия текущего контроля и промежуточной аттестации представлены в календарном рейтинг-плане дисциплины.

4. Структура и содержание дисциплины

Основные виды учебной деятельности

Разделы дисциплины	Формируемый результат обучения по дисциплине	Виды учебной деятельности	Объем времени, ч.
Раздел 1. Газофазные методы разделения	РД 1, РД 2	Лекции	8
		Практические занятия	8
		Лабораторные занятия	12
		Самостоятельная работа	50
Раздел 2. Теория каскадов	РД 3, РД 4	Лекции	4
		Практические занятия	4
		Лабораторные занятия	10
		Самостоятельная работа	50
Раздел 3. Основы теории разделения изотопов в колоннах	РД 5, РД 6	Лекции	4
		Практические занятия	4
		Лабораторные занятия	10
		Самостоятельная работа	52

Содержание разделов дисциплины:

Раздел 1. Газофазные методы разделения

Раздел посвящен рассмотрению молекулярно-кинетических и физико-химических методов разделения изотопов, таких как газовая диффузия, центробежный метод, метод сопла, химический изотопный обмен, ректификация, электрохимический метод. Также излагаются электромагнитный, плазменный и оптические (фотохимический и лазерный) методы разделения изотопов. В нем рассматриваются принцип действия газофазных методов разделения, их достоинства и недостатки, возможности использования для разделения изотопов различных элементов.

Темы лекций:

1. Молекулярно-кинетические методы разделения изотопов.
2. Физико-химические методы разделения изотопов
3. Электромагнитный, плазменный методы.
4. Оптические методы разделения

Темы практических занятий:

1. Методика и особенности расчета и оптимизации центрифужного каскада.
2. Нестационарные процессы в каскадах.
3. Приближенные решения уравнения нестационарного процесса.
4. Внешние и внутренние параметры каскада.

Названия лабораторных работ:

1. Расчет идеального каскада.
2. Расчет прямоугольного центрифужного каскада.
3. Расчет противоточного симметричного каскада газовых центрифуг.
4. Расчет несимметричного идеального каскада.
5. Численный метод решения уравнения нестационарного переноса.
6. Распределение коэффициента деления потока по ступеням каскада.

Раздел 2. Теория каскадов

В разделе рассматриваются основы теории разделительных каскадов. Вводятся понятия разделительный элемент, разделительная ступень, разделительный каскад, коэффициенты разделения и обогащения. Описана структура и виды разделительных каскадов (простой, противоточный симметричный, противоточный несимметричный, идеальный, прямоугольно-ступенчатый, каскад постоянной ширины и т.п.), а также способы оптимизации их работы.

Темы лекций:

5. Разделительный элемент, коэффициенты разделения и обогащения.
6. Структура и виды разделительных каскадов. Оптимизация их работы.

Темы практических занятий:

5. Значения корней трансцендентного уравнения.
6. Исследование каскадов заданного профиля методом ортогональной коллокации.

Названия лабораторных работ:

7. Расчет внутренних параметров каскада при заданных внешних параметрах.
8. Оптимизация каскада центрифуг по минимальному потоку и КПД формы каскада.
9. Расчет времени достижения стационарного состояния в каскаде.
10. Расчет характеристик термодиффузионного разделения.
11. Материальный и тепловой расчет ректификационной колонны.

Раздел 3. Основы теории разделения изотопов в колоннах

принципиальная схема процесса разделения изотопов в колоннах и способы ее оптимизации. Описан расчет каскадов, состоящих из элементов третьего типа и времени достижения стационарного состояния в каскаде. Представлены уравнения формальной кинетики и массопереноса в противоточных колоннах.

Темы лекций:

7. Принципиальная схема процесса и ее оптимизация.
8. Расчет каскадов из элементов третьего типа и времени достижения стационарного состояния. Уравнения формальной кинетики и массоперенос в противоточных колоннах.

Темы практических занятий:

7. Решение системы уравнений каскада с несмещением по относительной концентрации для выбранной пары компонентов методом Б.В. Жигаловского.
8. Методика расчета каскадов из элементов третьего типа.

Названия лабораторных работ:

12. Расчет гидравлических параметров элементов трасс ступени по заданным давлениям в блочных коммуникациях.
13. Гидравлический расчет коммуникаций центрифужного каскада.
14. Определение коэффициентов разделения и констант равновесия в процессах изотопного обмена.
15. Компьютерное моделирование нестационарных процессов в колоннах.
16. Массоперенос в обменных колоннах.

Тематика курсовой работы: Полный расчет ректификационной колонны.

Расчеты ректификационной колонны проводятся по индивидуальным вариантам.

Вариант № 1.

Система сероуглерод – ацетон ($\text{CS}_2 - \text{C}_3\text{H}_6\text{O}$), $P = 760$ мм рт. ст. Исходные данные: расход исходной смеси 12.3 кг/с; концентрации (мольные доли) $x_D = 0.90$, $x_F = 0.31$, $x_W = 0.08$;

продукты разделения охладить до 25°C. Коэффициент теплопередачи куба испарителя: $k_{op} = 924 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$.

Вариант № 2.

Система метиловый спирт – бензол ($\text{CH}_4\text{O} - \text{C}_6\text{H}_6$), $P = 760$ мм рт. ст. Исходные данные: расход исходной смеси 3.2 кг/с; концентрации (мольные доли) $x_D = 0.70$, $x_F = 0.45$, $x_W = 0.14$; продукты разделения охладить до 24°C. Коэффициент теплопередачи куба испарителя: $k_{op} = 750 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$.

Вариант № 3.

Система метиловый спирт – толуол ($\text{CH}_4\text{O} - \text{C}_7\text{H}_8$), $P = 760$ мм рт. ст. Исходные данные: расход исходной смеси 10 кг/с; концентрации (мольные доли) $x_D = 0.95$, $x_F = 0.48$, $x_W = 0.04$; продукты разделения охладить до 20°C. Коэффициент теплопередачи куба испарителя: $k_{op} = 996 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$.

Вариант № 4.

Система метиловый спирт – пропиловый спирт ($\text{CH}_4\text{O} - \text{C}_3\text{H}_8\text{O}$), $P = 760$ мм рт. ст. Исходные данные: расход исходной смеси 6.18 кг/с; концентрации (мольные доли) $x_D = 0.83$, $x_F = 0.53$, $x_W = 0.11$; продукты разделения охладить до 26°C. Коэффициент теплопередачи куба испарителя: $k_{op} = 850 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$.

Вариант № 5.

Система пропиловый спирт – уксусная кислота ($\text{C}_3\text{H}_8\text{O} - \text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$), $P \in [700; 710]$ мм рт. ст. Исходные данные: расход исходной смеси 7.2 кг/с; концентрации (мольные доли) $x_D = 0.67$, $x_F = 0.32$, $x_W = 0.06$; продукты разделения охладить до 25°C. Коэффициент теплопередачи куба испарителя: $k_{op} = 903 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$.

Вариант № 6.

Система ацетон – уксусная кислота ($\text{C}_3\text{H}_6\text{O} - \text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$), $P = 760$ мм рт. ст. Исходные данные: расход исходной смеси 11 кг/с; концентрации (мольные доли) $x_D = 0.92$, $x_F = 0.52$, $x_W = 0.12$; продукты разделения охладить до 21°C. Коэффициент теплопередачи куба испарителя: $k_{op} = 815 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$. Коэффициент теплопередачи куба испарителя: $k_{op} = 815 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$.

Вариант № 7.

Система бензол – уксусная кислота ($\text{C}_6\text{H}_6 - \text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$), $P = 760$ мм рт. ст. Исходные данные: расход исходной смеси 4 кг/с; концентрации (мольные доли) $x_D = 0.81$, $x_F = 0.40$, $x_W = 0.08$; продукты разделения охладить до 25°C. Коэффициент теплопередачи куба испарителя: $k_{op} = 780 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$.

Вариант № 8.

Система ацетон – метиловый спирт ($\text{C}_3\text{H}_6\text{O} - \text{CH}_4\text{O}$), $P = 760$ мм рт. ст. Исходные данные: расход исходной смеси 9.41 кг/с; концентрации (мольные доли) $x_D = 0.74$, $x_F = 0.55$, $x_W = 0.05$; продукты разделения охладить до 24°C. Коэффициент теплопередачи куба испарителя: $k_{op} = 821 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$.

Вариант № 9.

Система ацетон – этанол ($\text{C}_3\text{H}_6\text{O} - \text{C}_2\text{H}_6\text{O}$), $P = 760$ мм рт. ст. Исходные данные: расход исходной смеси 19 кг/с; концентрации (мольные доли) $x_D = 0.84$, $x_F = 0.49$, $x_W = 0.04$; продукты разделения охладить до 25°C. Коэффициент теплопередачи куба испарителя: $k_{op} = 999 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$.

Вариант № 10.

Система ацетон – вода ($\text{C}_3\text{H}_6\text{O} - \text{H}_2\text{O}$), $P = 760$ мм рт. ст. Исходные данные: расход исходной смеси 18.6 кг/с; концентрации (мольные доли) $x_D = 0.93$, $x_F = 0.45$, $x_W = 0.14$;

продукты разделения охладить до 25°C. Коэффициент теплопередачи куба испарителя: $k_{op} = 1580 \text{ Вт/(м}^2\cdot\text{К)}$.

Вариант № 11.

Система ацетон – четыреххлористый углерод ($\text{C}_3\text{H}_6\text{O} - \text{CCl}_4$), $P = 760 \text{ мм рт. ст.}$ Исходные данные: расход исходной смеси 9.48 кг/с; концентрации (мольные доли) $x_D = 0.95$, $x_F = 0.4$, $x_W = 0.1$; продукты разделения охладить до 25°C. Коэффициент теплопередачи куба испарителя: $k_{op} = 915 \text{ Вт/(м}^2\cdot\text{К)}$.

Вариант № 12.

Система хлороформ – бензол ($\text{CHCl}_3 - \text{C}_6\text{H}_6$), $P = 760 \text{ мм рт. ст.}$ Исходные данные: расход исходной смеси 64 кг/с; концентрации (мольные доли) $x_D = 0.93$, $x_F = 0.36$, $x_W = 0.07$; продукты разделения охладить до 25°C. Коэффициент теплопередачи куба испарителя: $k_{op} = 940 \text{ Вт/(м}^2\cdot\text{К)}$.

Вариант № 13.

Система четыреххлористый углерод – бензол ($\text{CCl}_4 - \text{C}_6\text{H}_6$), $P = 760 \text{ мм рт. ст.}$ Исходные данные: расход исходной смеси 38 кг/с; концентрации (мольные доли) $x_D = 0.7$, $x_F = 0.46$, $x_W = 0.15$; продукты разделения охладить до 25°C. Коэффициент теплопередачи куба испарителя: $k_{op} = 816 \text{ Вт/(м}^2\cdot\text{К)}$.

Вариант № 14.

Система метиловый спирт – вода ($\text{CH}_4\text{O} - \text{H}_2\text{O}$), $P = 760 \text{ мм рт. ст.}$ Исходные данные: расход исходной смеси 51.6 кг/с; концентрации (мольные доли) $x_D = 0.9$, $x_F = 0.3$, $x_W = 0.05$; продукты разделения охладить до 25°C. Коэффициент теплопередачи куба испарителя: $k_{op} = 740 \text{ Вт/(м}^2\cdot\text{К)}$.

Вариант № 15.

Система метиловый спирт – четыреххлористый углерод ($\text{CH}_4\text{O} - \text{CCl}_4$), $P = 760 \text{ мм рт. ст.}$ Исходные данные: расход исходной смеси 49 кг/с; концентрации (мольные доли) $x_D = 0.95$, $x_F = 0.46$, $x_W = 0.1$; продукты разделения охладить до 25°C. Коэффициент теплопередачи куба испарителя: $k_{op} = 935 \text{ Вт/(м}^2\cdot\text{К)}$.

Вариант № 16.

Система четыреххлористый углерод – пропиловый спирт ($\text{CCl}_4 - \text{C}_3\text{H}_8\text{O}$), $P = 760 \text{ мм рт. ст.}$ Исходные данные: расход исходной смеси 26.58 кг/с; концентрации (мольные доли) $x_D = 0.94$, $x_F = 0.35$, $x_W = 0.11$; продукты разделения охладить до 25°C. Коэффициент теплопередачи куба испарителя: $k_{op} = 911 \text{ Вт/(м}^2\cdot\text{К)}$.

Вариант № 17.

Система четыреххлористый углерод – толуол ($\text{CCl}_4 - \text{C}_7\text{H}_8$), $P = 760 \text{ мм рт. ст.}$ Исходные данные: расход исходной смеси 35.24 кг/с; концентрации (мольные доли) $x_D = 0.84$, $x_F = 0.28$, $x_W = 0.17$; продукты разделения охладить до 25°C. Коэффициент теплопередачи куба испарителя: $k_{op} = 1080 \text{ Вт/(м}^2\cdot\text{К)}$.

Вариант № 18.

Система сероуглерод – четыреххлористый углерод ($\text{CS}_2 - \text{CCl}_4$), $P = 760 \text{ мм рт. ст.}$ Исходные данные: расход исходной смеси 22.95 кг/с; концентрации (мольные доли) $x_D = 0.86$, $x_F = 0.4$, $x_W = 0.19$; продукты разделения охладить до 25°C. Коэффициент теплопередачи куба испарителя: $k_{op} = 890 \text{ Вт/(м}^2\cdot\text{К)}$.

Вариант № 19.

Система хлороформ – четыреххлористый углерод ($\text{CHCl}_3 - \text{CCl}_4$), $P = 760 \text{ мм рт. ст.}$ Исходные данные: расход исходной смеси 34.68 кг/с; концентрации (мольные доли) $x_D = 0.94$, $x_F = 0.45$, $x_W = 0.18$; продукты разделения охладить до 25°C. Коэффициент теплопередачи

куба испарителя: $k_{op} = 723 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}$.

Вариант № 20.

Система хлороформ – уксусная кислота ($\text{CHCl}_3 - \text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$), $P = 760 \text{ мм рт. ст.}$ Исходные данные: расход исходной смеси 54.32 кг/с ; концентрации (мольные доли) $x_D = 0.84$, $x_F = 0.2$, $x_W = 0.05$; продукты разделения охладить до 25°C . Коэффициент теплопередачи куба испарителя: $k_{op} = 760 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}$.

Вариант № 21.

Система хлороформ – толуол ($\text{CHCl}_3 - \text{C}_7\text{H}_8$), $P = 760 \text{ мм рт. ст.}$ Исходные данные: расход исходной смеси 26.87 кг/с ; концентрации (мольные доли) $x_D = 0.95$, $x_F = 0.65$, $x_W = 0.25$; продукты разделения охладить до 25°C . Коэффициент теплопередачи куба испарителя: $k_{op} = 999 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}$.

5. Организация самостоятельной работы студентов

Самостоятельная работа студентов при изучении дисциплины (модуля) предусмотрена в следующих видах и формах:

- Работа с лекционным материалом, поиск и обзор литературы и электронных источников информации по индивидуально заданной проблеме курса;
- Опережающая самостоятельная работа;
- Изучение тем, вынесенных на самостоятельную проработку;
- Подготовка к лабораторным работам, к практическим занятиям;
- Подготовка к оценивающим мероприятиям: контрольным работам, зачету;
- Поиск, анализ, структурирование и презентация информации;
- Перевод текстов с иностранных языков;
- Исследовательская работа и участие в научных студенческих конференциях, семинарах и олимпиадах;
- Анализ научных публикаций по заранее определенной преподавателем теме;

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

4.1. Учебно-методическое обеспечение

1. Баранов, В.Ю. Изотопы: свойства, получение, применение: учебное пособие: В 2 т.: / В.Ю. Баранов. — Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2005. — Т. 2 — 2005. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/2104>.
2. Теория каскадов для разделения бинарных и многокомпонентных изотопных смесей: учебное пособие / Г.А. Сулаберидзе, В.А. Палкин, В.Д. Борисевич, В.Д. Борман. — Москва: НИЯУ МИФИ, 2011. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/75765>.
3. Орлов А. А. Разделение изотопов урана: учебное пособие для вузов / А. А. Орлов, А. В. Абрамов; Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ). — Томск: Изд-во ТПУ, 2010. — URL: <http://www.lib.tpu.ru/fulltext2/m/2011/m274.pdf>.

Дополнительная литература

1. Оптическое и лазерно-химическое разделение изотопов в атомарных парах / П.А. Бохан, В.В. Бучанов, Д.Э. Закревский [и др.]. — 2-е изд. — Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2017. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/105021>.
2. Борман В.Д., Физические основы разделения изотопов в газовой центрифуге: учебное пособие для вузов / Борман В.Д., Борисевич В.Д. — М.: Издательский дом МЭИ, 2017. —

Текст: электронный // ЭБС "Консультант студента": [сайт]. — URL: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383010877.html>.

3. Вергун А. П. Ионнообменная технология разделения и очистки веществ: учебное пособие / А. П. Вергун, В. Ф. Мышкин, А. В. Власов; Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ) — Томск: 2010. — URL: <http://www.lib.tpu.ru/fulltext3/m/2010/m39.pdf>.

4. Видяев Д. Г. Гидрогазодинамика разделительных процессов: учебное пособие / Д. Г. Видяев; Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ). — Томск: Изд-во ТПУ, 2010. — URL: <http://www.lib.tpu.ru/fulltext2/m/2011/m151.pdf>.

4.2. Информационное и программное обеспечение

Internet-ресурсы (в т.ч. в среде LMS MOODLE и др. образовательные и библиотечные ресурсы):

1. <https://e.lanbook.com/>
2. <https://new.znaniy.com/>
3. <https://urait.ru/>
4. <http://www.studentlibrary.ru/>
5. www.lib.tpu.ru/
6. www.lib.tsu.ru/
7. www.elibrary.ru/
8. www.scopus.com/
9. www.wokinfo.com/russian/
10. <http://www.rosatom.ru>
11. <http://window.edu.ru/>

Лицензионное программное обеспечение (в соответствии с **Перечнем лицензионного программного обеспечения ТПУ**):

Zoom Zoom; 7-Zip; Adobe Acrobat Reader DC; Adobe Flash Player; Amazon Corretto JRE 8; Cisco Webex Meetings; Far Manager; Google Chrome; Microsoft Office 2007 Standard Russian Academic; Notepad++; WinDjView; XnView Classic; AkelPad; Ascon KOMPAS-3D 18 Education Concurrent MCAD ECAD; Autodesk AutoCAD Mechanical 2020 Education; Autodesk Inventor Professional 2020 Education; Document Foundation LibreOffice; MathWorks MATLAB Full Suite R2017b; Mozilla Firefox ESR; Tracker Software PDF-XChange Viewer; Microsoft Office 2016 Standard Russian Academic; ownCloud Desktop Client; Elsevier Mendeley Desktop; Microsoft Teams.

7. Особые требования к материально-техническому обеспечению дисциплины

В учебном процессе используется следующее лабораторное оборудование для практических и лабораторных занятий:

№	Наименование специальных помещений	Наименование оборудования
1.	Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации 634028, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, д. 2, ауд. 340 (Учебный корпус №10)	Компьютер - 1 шт.; Проектор - 1 шт.; Доска аудиторная настенная - 2 шт.; Тумба подкатная - 1 шт.; Комплект учебной мебели на 48 посадочных мест.

2.	Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (компьютерный класс) 634028, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, д. 2, ауд. 242 (Учебный корпус №10)	Компьютер - 13 шт.; Принтер - 1 шт.; Комплект учебной мебели на 12 посадочных мест.
3.	Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (научная лаборатория) 634028, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, д. 2, ауд. 239 (Учебный корпус №10)	Комплект газоаналитического оборудования (масс-спектрометр "Техмас", персональный компьютер INTEL ATOM D 410) - 1 шт.; Программно-аппаратный масс-спектрометрический комплекс - 1 шт.; Комплект учебной мебели на 13 посадочных мест; Компьютер - 1 шт.; Принтер - 1 шт.
4.	Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (компьютерный класс) 634034, Томская область, г. Томск, Белинского улица, 53а, ауд. 311 (Научно-техническая библиотека)	Компьютер - 38 шт.; Принтер - 3 шт.; Проектор - 1 шт., Комплект учебной мебели на 50 посадочных мест.
5.	Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (компьютерный класс) 634034, Томская область, г. Томск, Белинского улица, 53а, ауд. 210/1 (Научно-техническая библиотека)	Компьютер - 10 шт.; Проектор - 1 шт., Комплект учебной мебели на 10 посадочных мест.

Рабочая программа составлена на основе Общей характеристики образовательной программы «Изотопные технологии и материалы» по направлению 14.04.02 Ядерные физика и технологии, специализация «Изотопные технологии и материалы» (приема 2020 г., очная форма обучения)

Разработчик - профессор Орлов А.А.

Программа одобрена на заседании ОЯТЦ (протокол от «25» июня 2020 г. № 28-д).

Заведующий кафедрой - руководитель отделения
на правах кафедры, д.т.н.



подпись

Горюнов А.Г.